

# PEMETAAN DAERAH RESERVOIR FORMASI PEMATANG MENGGUNAKAN SEISMIK ATRIBUT LAPANGAN FENGFU CEKUNGAN SUMATERA TENGAH

**Ardian Novianto, Eka Wisnu Irawan**

Prodi Teknik Geofisika, Fakultas Teknologi Mineral UPN "Veteran" Yogyakarta,  
Jl. SWK 104 Condongcatur Yogyakarta 55285, Indonesia

e-mail : ardian.novianto@upnyk.ac.id  
ekawisnuirawan@gmail.com

## ABSTRAK

*Cadangan hidrokarbon yang semakin menipis mengharuskan proses eksplorasi untuk mempertimbangkan berbagai faktor geologi dalam melakukan eksplorasi. Faktor geologi yang dimaksud adalah kehadiran fault dan proses sedimentasi batuan. Proses-proses tersebut akan menghasilkan kondisi reservoir yang kompleks seperti "stratigrafic trap" yang seringkali menjadi faktor penting pada kehadiran hidrokarbon. Pada penelitian ini, target lapisan berupa Formasi Pematang dimana secara konsep geologi formasi tersebut dapat berfungsi sebagai batuan sumber (source rock) maupun batuan reservoir.*

*Identifikasi kehadiran hidrokarbon pada reservoir dapat dilakukan salahsatunya dengan memanfaatkan kombinasi analisa geofisika. Pada penelitian ini digunakan beberapa atribut seismik dan dibantu oleh log sumur. Log sumur digunakan sebagai kontrol dalam proses pembuatan atribut seismik. Data yang digunakan pada penelitian ini adalah Seismik 3D dan 8 sumur yang selanjutnya digunakan dalam pembuatan atribut seismik seperti Inversi AI, reflection strength, dan distribusi Gamma Ray (multiatribut).*

*Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa Formasi Pematang selain berfungsi sebagai source rock juga berfungsi sebagai reservoir rock dimana cebakan hidrokarbon pada formasi ini sangat dipengaruhi oleh struktur sesar dan kondisi stratigrafinya. Akumulasi hidrokarbon dipengaruhi oleh perangkat stratigrafi berupa "onlapping" dan perangkat struktur akibat sesar-sesar pada area penelitian.*

*Kata kunci : reservoir, hidrokarbon, seismik, Akustik Impedance, atribut seismik*

## I. PENDAHULUAN

Lapangan Fengfu merupakan salah satu area di Cekungan Sumatera Tengah yang telah terbukti menghasilkan minyak bumi. Lapangan ini terbentuk oleh proses tektonik dan sedimentologi yang berkembang selama Paleogen hingga Tersier. Kondisi saat ini menunjukkan bahwa lapangan ini membentuk tinggian yang diapit oleh sesar besar di bagian selatan dan timur. Kondisi tektonik tersebut menyebabkan hidrokarbon menjadi sangat berpotensi untuk terjebak pada lapangan ini. Kondisi pengendapan sedimen akibat proses tektonik tersebut juga menjadi faktor penting pada proses kehadiran hidrokarbon pada lapangan ini. Akumulasi hidrokarbon tidak hanya dikontrol oleh closur tinggian namun dapat disebabkan oleh faktor geologi lainnya. Faktor geologi tersebut antara lain adalah kehadiran fault dan proses sedimentasi batuan.

Target penelitian pada Lapangan Fengfu ini adalah Formasi Pematang dimana secara stratigrafi menumpang di atas basement dan di beberapa tempat membentuk on-lapping terhadap basement. Konsep geologi menunjukkan bahwa Formasi Pematang ini terbentuk pada fasa syn-rifting, sehingga memiliki batuan yang beragam. Pada beberapa lapangan Formasi Pematang ini merupakan batuan

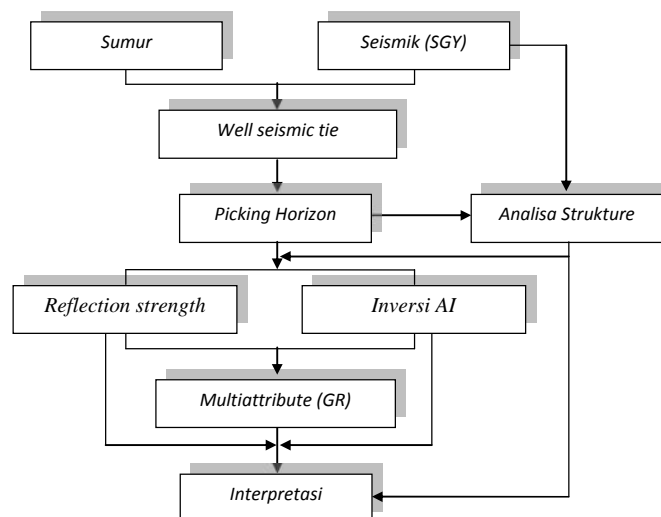
penghasil hidrokarbon (*source rock*), akan tetapi tidak menutup kemungkinan batuan pada Formasi Pematang juga dapat berfungsi sebagai reservoir yang berisi hidrokarbon. Hidrokarbon lapangan ini berdasarkan penelitian berasal dari Bengkalis Trough yang berada di sisi Timur, namun juga diperkirakan dapat berasal dari dalaman yang berada di Selatan.

Eksplorasi yang selama ini dilakukan adalah dengan mengandalkan analisa struktural dan konsep-konsep geologi berdasarkan dari data-data sumuran. Penyebaran hidrokarbon didasarkan pada luasan kontak hidrokarbon (OWC) yang ditentukan berdasarkan data sumur. Penggunaan penentuan luasan area prospek hidrokarbon seperti ini akan menyebabkan pengaruh penyebaran litologi akan diabaikan karena penyebaran hidrokarbon akan mengikuti pola kontur yang telah ditentukan dari kedalaman OWC.

Penggunaan metoda seperti di atas memang sering digunakan namun diperlukan metoda pendukung untuk membantu dalam mengidentifikasi faktor-faktor geologi yang ada. Metoda untuk mengidentifikasi faktor geologi tersebut menjadi alat yang penting untuk melakukan eksplorasi pada Lapangan Fengfu ini. Salah satu metoda yang akan digunakan adalah menggabungkan beberapa analisa geofisika yaitu multiattribute untuk mengetahui penyebaran batupasir yang berfungsi sebagai reservoir, inversi seismik untuk menghasilkan sebaran *acoustic impedance*, dan atribut *reflection strength* untuk melihat perubahan amplitudo yang disebabkan oleh kehadiran hidrokarbon. Kombinasi ketiga atribut seismik tersebut diharapkan dapat mendeteksi kehadiran hidrokarbon karena masing-masing mempunyai fungsi untuk melihat penyebaran litologi maupun melihat perubahan sifat batuan akibat kandungan hidrokarbon.

## II. METODOLOGI PENELITIAN

Identifikasi hidrokarbon pada Lapangan Fengfu ini dilakukan dengan menggabungkan antara analisa struktural yang bekerja pada area penelitian dengan kombinasi beberapa atribut seismik. Diagram alir penelitian dapat dilihat pada **gambar 1**.

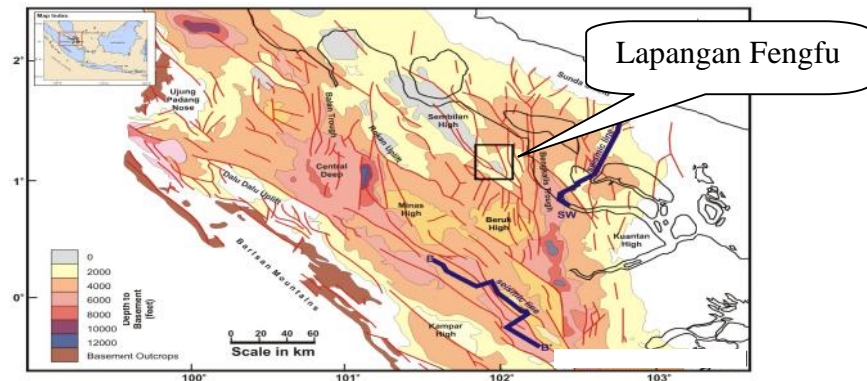


**Gambar 1.** Diagram alir penelitian

### II.1. Geologi Regional

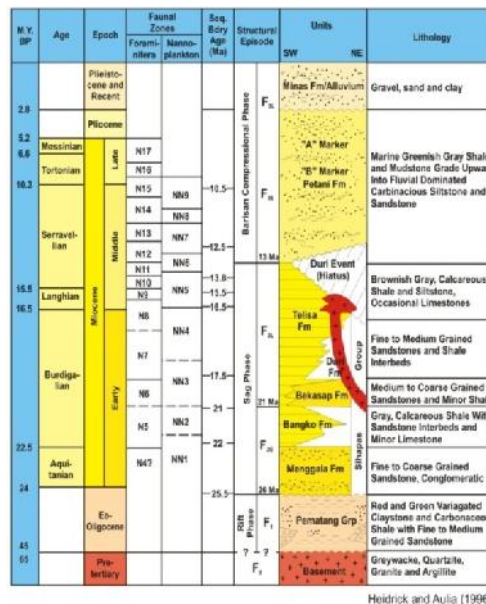
Posisi Lapangan Fengfu secara regional termasuk dalam Cekungan Sumatera Tengah. Cekungan ini memiliki luasan sekitar 103.5 km<sup>2</sup>, dengan batas utara dipisahkan dari Cekungan Sumatera Utara oleh Tinggian Asahan dan di bagian

Selatanya dipisahkan oleh Pegunungan Tigapuluh dengan Cekungan Sumatera Selatan. Cekungan Sumatera Tengah merupakan salah satu dari tiga cekungan penghasil minyak/hidrokarbon di Sumatera bagian Timur yang berkembang sebagai cekungan sedimentasi dibelakang busur vulkanik Pola strukture utama Cekungan Sumatera Tengah didominasi oleh dua pola struktur yang berarah Utara-Selatan dan Baratlaut-Tenggara (Heidrick & Aulia, 1993). Struktur Utara-Selatan relatif lebih tua yang terbentuk pada Paleogen. Menurut Eubank dan Makki (1981) kedua struktur tersebut aktif selama Tersier. Heidrick dan Aulia (1993) membagi Perkembangan Tektonik Cekungan Sumatera Tengah menjadi empat episode berdasarkan terminologi tektonik poli-fase, yaitu F0, F1, F2 dan F3. (**Gambar 2**)



**Gambar 2.** Struktur yang bekerja pada lokasi penelitian (Heidrick dan Aulia, 1993)

Stratigrafi Cekungan Sumatera Tengah oleh Eubank dan Makki (1981) dan Heidrick dan Aulia (1993) membagi stratigrafi regional Cekungan Sumatera Tengah dari Paleogen sampai Pliosen dan Kuartar menjadi lima grup/formasi, yaitu Formasi Pematang, Grup Sihapas, Formasi Telisa, Formasi Petani dan Formasi Minas (Alluvial). (**Gambar 3**).



Heidrick and Aulia (1996)

**Gambar 3.** Stratigrafi Cekungan Sumatera Tengah (Hendrick & Aulia, 1993)

**Group Pematang Eosen-Oligosen**, pengendapan batuan Tersier diawali oleh endapan non-marine Grup Pematang pada cekungan utara-selatan yang terbentuk

akibat Rifting Eosen-Oligosen atau pada periode Deformasi F1 (Heidrick & Aulia, 1993). Grup Pematang ini diendapkan secara tidak selaras di atas Batuan Dasar Pra-Tersier.

**Kelompok Sihapas Miosen Awal** ini diendapkan secara tidak selaras di atas Grup Pematang pada umur Miosen Awal. Kelompok ini dari bawah ke atas terdiri dari Formasi Menggala, Formasi Bangko, Formasi Bekasap, Formasi Duri dan Formasi Telisa.

**Formasi Petani Miosen Tengah-Miosen Akhir** ini diendapkan secara selaras di atas Kelompok Sihapas pada umur Miosen Tengah dan Miosen Akhir. Formasi Petani tersusun oleh lanau kelabu kehijauan dan batulumpur tersusun keatas hingga didominasi oleh endapan sungai, silt karbonan dan batupasir.

**Formasi Minas Plestosen** diendapkan secara tidak selaras di atas Formasi Petani berumur Plestosen. Formasi ini berupa batuan Alluvial yang terdiri dari batuan yang belum terkonsolidasi berupa kerakal, kerikil, pasir dan lempung.

## II.2. Interpretasi Seismik

Penelitian ini menggunakan 2 data utama, yaitu data seismik dan data sumur. Data seismik yang digunakan adalah data seismik 3D yang telah termigrasi sehingga siap untuk dilakukan proses interpretasi selanjutnya, sedangkan data sumur menggunakan 38 sumur.

### Seismik Inversi

Metode seismik merupakan metode eksplorasi yang menggunakan prinsip-prinsip penjaran gelombang seismik untuk tujuan penyelidikan bawah permukaan bumi. Gelombang seismik merambat melewati batuan dalam bentuk gelombang elastis yang mentransfer energi menjadi pergerakan partikel batuan. Salah satu sifat akustik yang khas pada batuan adalah akustik impedansi yang merupakan hasil perkalian antara densitas  $\rho$  pada kecepatan  $V$ . Perbedaan nilai akustik impedansi dari tipe perlapisan batuan ini akan menyebabkan terjadinya refleksi gelombang seismik yang merupakan perbandingan antara energi terpantul dan energi datang yang dinyatakan dalam persamaan berikut :

$$R = \frac{AI_2 - AI_1}{AI_2 + AI_1} = \frac{\rho_2 V_2 - \rho_1 V_1}{\rho_2 V_2 + \rho_1 V_1} \dots\dots\dots(1)$$

dengan :  $R$  adalah besar koefisien refleksi,  $AI$  adalah besar akustik impedansi,  $\rho_1, \rho_2$  adalah rapat massa medium 1 & 2,  $V_1, V_2$  adalah kecepatan medium 1 & 2

Pengertian secara lebih spesifik tentang seismik inversi dapat didefinisikan sebagai suatu teknik pembuatan model bawah permukaan dengan menggunakan data seismik sebagai input dan data sumur sebagai kontrol (Sukmono, 2000). Definisi tersebut menjelaskan bahwa metode inversi merupakan kebalikan dari pemodelan dengan metode ke depan (*forward modeling*) yang berhubungan dengan pembuatan seismogram sintetik berdasarkan model bumi. Pada metode seismik inversi penampang seismik dikonversi kedalam bentuk impedansi akustik yang merepresentasikan sifat fisis batuan.

Russel, B., Hampson, D., Schuelke, J., and Qurein, J (2001) membagi metode seismik inversi dalam dua kelompok, yaitu inversi *pre-stack* dan inversi *post-stack*. Inversi *post-stack* terdiri dari inversi rekursif (*Bandlimited*), inversi berbasis model (*Model Based*) dan inversi *Sparse Spike*. Berikut ini diagram yang menggambarkan jenis teknik seismik inversi:

### Metode Inversi Berdasarkan Model (*Model Based*)

Pada metode ini langkah yang pertama dilakukan adalah membangun model geologi, kemudian model tersebut dibandingkan dengan data seismik, diperbarui secara iteratif sehingga didapatkan kecocokan yang lebih baik dengan data seismik. Hasil keluarannya berupa model yang sesuai dengan data masukan. Hubungan antara model dengan data seismik dapat dijelaskan dengan metode *Generalized Linear Inversion* (GLI). Jika terdapat sebuah data observasi geofisika, metode GLI akan menurunkan model geologi yang paling sesuai dengan data observasi. Secara matematis model dan data observasi dapat dirumuskan sebagai vektor:

$$\begin{aligned} \mathbf{M} &= (m_1, m_2, \dots, m_k)^T = \text{vektor model dengan parameter } k \\ \mathbf{T} &= (t_1, t_2, \dots, t_n)^M = \text{vektor data observasi } n \end{aligned}$$

Sehingga diperoleh persamaan:

$$t_i = F(m_1, m_2, \dots, m_k), \text{ untuk } i=1, 2, \dots, n \dots\dots\dots(2)$$

GLI menganalisis deviasi kesalahan antara model keluaran dan data observasi, kemudian parameter model diperbaharui untuk menghasilkan keluaran dengan kesalahan sekecil mungkin. Oleh karena itu dapat dilakukan iterasi untuk mendapatkan solusi yang dirumuskan secara matematis sebagai berikut:

$$F(M) = F(M_0) + \frac{\partial F(M_0)}{\partial M} \Delta M \dots\dots\dots(3)$$

dengan:  $M_0$  adalah model awal;  $\Delta M$  adalah perubahan parameter model;  $M$  adalah model bumi sebenarnya;  $F(M)$  adalah data observasi;  $F(M_0)$  adalah nilai terhitung dari model awal;  $\partial F(M_0) / \partial M$  adalah perubahan nilai yang dihitung

Untuk memecahkan kasus dimana jumlah data observasi yang lebih banyak daripada parameter model ( $n > k$ ) digunakan metode *least square* yang sering dikenal dengan nama metode Marquart-Levenburg. Solusi yang diperoleh:

$$\Delta M = (A^T A)^{-1} A^T \Delta F \dots\dots\dots(4)$$

$A^T$  adalah matriks transpose dari matriks  $A$ .

Hasil akhir dari suatu proses inversi data seismik adalah berupa data impedansi akustik yang memiliki informasi lebih lengkap dibandingkan data seismik. Perubahan amplitudo pada data seismik hanyalah mencerminkan suatu bidang batas antar lapisan batuan sehingga bisa dikatakan bahwa data seismik adalah atribut dari suatu bidang batas lapisan batuan. Sedangkan impedansi akustik mencerminkan sifat fisis dari batuan.

### Atribut Seismik

Atribut seismik merupakan suatu transformasi matematis dari data tras seismik yang mempresentasikan besaran waktu, amplitudo, fase, frekwensi, dan atenuasi. Tiap-tiap atribut saling berhubungan satu sama lainnya, di mana beberapa atribut sensitif terhadap sifat reservoir tertentu dan beberapa atribut lainnya lebih baik di dalam menampilkan litologi. Terdapat berbagai jenis atribut yang dapat dijelaskan sebagai berikut :

#### Atribut amplitudo (*Amplitude atribut*)

Amplitudo merupakan atribut paling dasar dari tras seismik. Perubahan lateral amplitudo sering dipakai pada studi-studi stratigrafi untuk membedakan satu fasies

dengan fasies lainnya. Misalnya secara umum lapisan-lapisan yang konkordan akan mempunyai amplitudo yang lebih tinggi, “hummocky” sedikit lebih rendah dan “chaotic” paling rendah.

### **Reflection Strength**

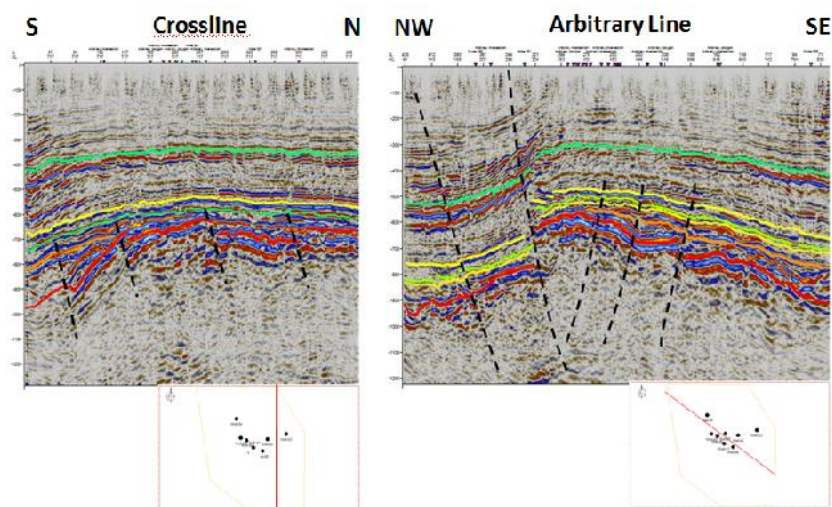
*Reflection strength* merupakan kelompok Komplek atribut yang menggambarkan ukuran magnitudo respon amplitudo dan dapat digambarkan sebagai nilai akar dari energi total sinyal seismik pada saat tertentu. *Reflection strength* merupakan “*envelope*” dari tras seismik untuk setiap sampel waktu. Kuat refleksi dihitung sebagai berikut :

$$\text{Kuat Re leksi} = \sqrt{(\text{tras riil})^2 + (\text{tras imajiner})^2} \dots\dots\dots(5)$$

### **III. PEMBAHASAN**

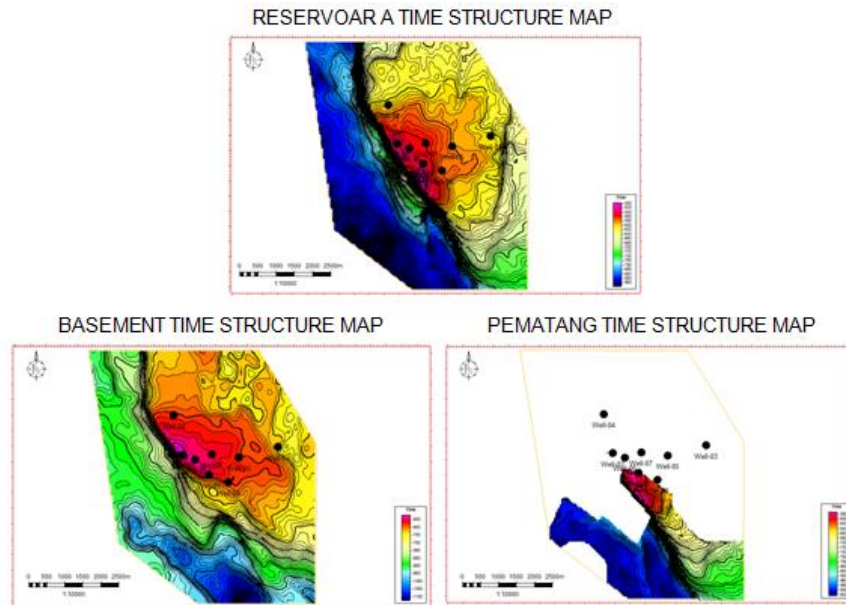
Penelitian ini memanfaatkan kombinasi berbagai atribut seismik untuk mendeliniasi penyebaran reservoir dan sekaligus melihat potensi Formasi Pematang pada lapangan ini. Atribut seismik yang digunakan adalah *reflection strength*, Akustik Impedance, dan penyebaran Gamma ray dari multiatribut. Penyebaran gamma ray akan menunjukkan penyebaran batupasir yang berfungsi sebagai reservoir. Penyebaran ini akan didukung oleh hasil dari akustik impedance dan diharapkan anomali dari *reflection strength* akan memberikan gambaran area reservoir yang mengandung hidrokarbon.

Analisa terhadap data seismik menunjukkan bahwa batuan Formasi Pematang mengisi cekungan-cekungan yang diakibatkan oleh sesar sebagai endapan Syn-Rifting (Gambar 4). Akibat proses pengendapan seperti ini menyebabkan penyebaran batuan Formasi Pematang ini sangat terbatas pada daerah rendahan yang diakibatkan oleh sesar tersebut. Pola pengendapan pada Formasi Pematang dan Basement serta batuan di atasnya dapat dilihat pada gambar 5. Peta pada gambar tersebut menunjukkan bahwa pada bagian tengah daerah telitian menunjukkan daerah tinggian dimana dibatasi oleh sesar-sesar dengan arah relatif utara-selatan sehingga seolah-olah membagi area menjadi dua bagian. Pada daerah di sekitar sesar menunjukkan pola-pola klosur yang diharapkan dapat berfungsi sebagai reservoir selain pada Formasi Pematang.



**Gambar 4.** Pola pengendapan Formasi Pematang dan Struktur sesar yang bekerja

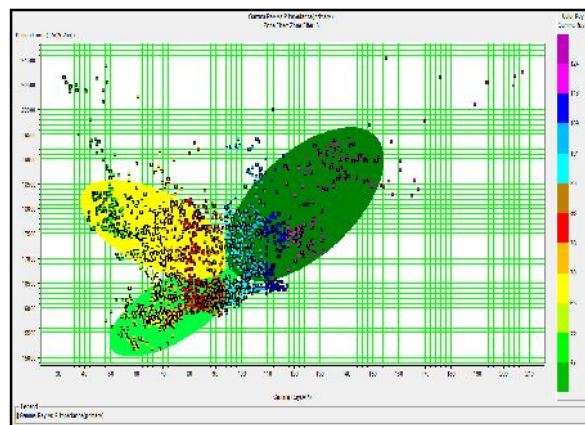




**Gambar 5.** Peta struktur area penelitian

Berdasarkan analisa regional menunjukkan bahwa Formasi Pematang dapat berfungsi sebagai *Source Rock*, namun di beberapa lapangan juga dijumpai batuan Formasi Pematang berfungsi sebagai reservoir. Berdasarkan kondisi tersebut analisa keberadaan reservoir pada formasi ini menjadi sangat penting karena potensi hidrokarbon pada Formasi ini belum dikembangkan.

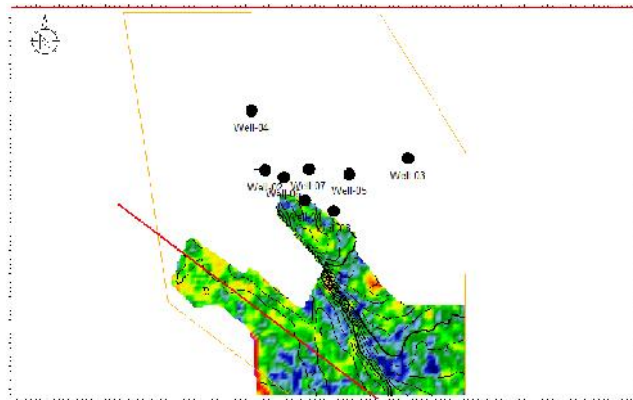
Analisa potensi hidrokarbon pada Formasi Pematang ini dilakukan dengan mengkombinasikan beberapa attribute seismik yaitu Impedansi Acoustic (AI), Multiattribute dan pembuatan attribute amplitudo. Langkah pertama yang dilakukan adalah mengenali kondisi reservoir yaitu dengan melakukan *crossplot* antara Gammaray dengan AI (gambar 6). *Crossplot* ini akan memberikan gambaran kondisi reservoir (batupasir) yang ada.



**Gambar 6.** *Crossplot* yang menunjukkan kondisi litologi daerah telitian

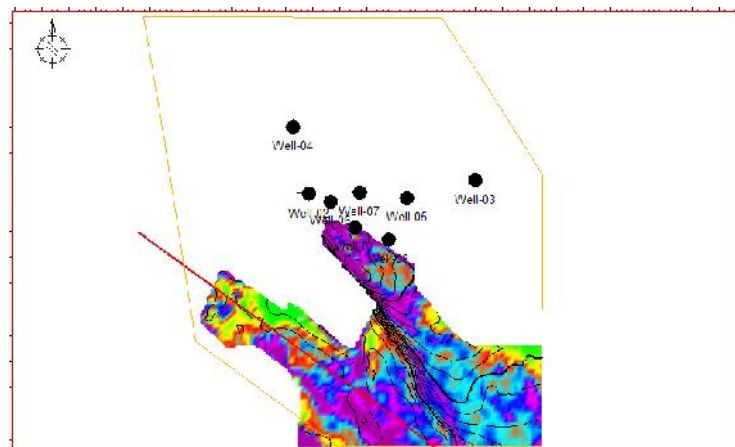
Berdasarkan *crossplot* tersebut menunjukkan bahwa batupasir mempunyai dua kondisi yang berbeda yaitu batupasir tight dan batupasir poros. Batupasir tight ditunjukkan dengan nilai AI yang tinggi, sedangkan batupasir poros ditunjukkan dengan nilai AI rendah. Berdasarkan *crossplot* tersebut maka dapat diinterpretasikan bahwa batupasir dengan AI rendah merupakan reservoir

hidrokarbon. Penyebaran batupasir yang merupakan reservoir hidrokarbon dapat dikenali dari sebaran gammaray yang dibuat berdasarkan multiatribut (Gambar 7).



**Gambar 7.** Penyebaran batupasir berdasarkan analisa multiatribut

Penyebaran batupasir digambarkan sebagai warna kuning, sedangkan warna biru tua hingga hijau merupakan shale. Pada bagian selatan menunjukkan sebagian besar didominasi oleh batupasir sehingga memungkinkan untuk berfungsi sebagai reservoir. Penyebaran batupasir tersebut selanjutnya dikombinasikan dengan hasil dari inversi AI (Gambar 7). AI ini diharapkan mampu untuk mendukung penyebaran batupasir, dimana reservoir batupasir dengan porositas besar ditunjukkan oleh AI dengan warna kuning hingga hijau. Hasil inversi AI menggambarkan kombinasi antara litologi dan fluida yang terkandung di dalam batuan reservoir, sehingga jika hasil inversi ini di overlay-kan dengan penyebaran batupasir dari multiatribut akan memberikan petunjuk posisi batupasir yang berpotensi mengandung hidrokarbon. Kandungan hidrokarbon dalam batuan akan menurunkan nilai kecepatan sehingga akan memberikan efek penurunan AI. Pada gambar 8, area dengan AI rendah (warna hijau) diidentifikasi sebagai batupasir yang mengandung hidrokarbon.

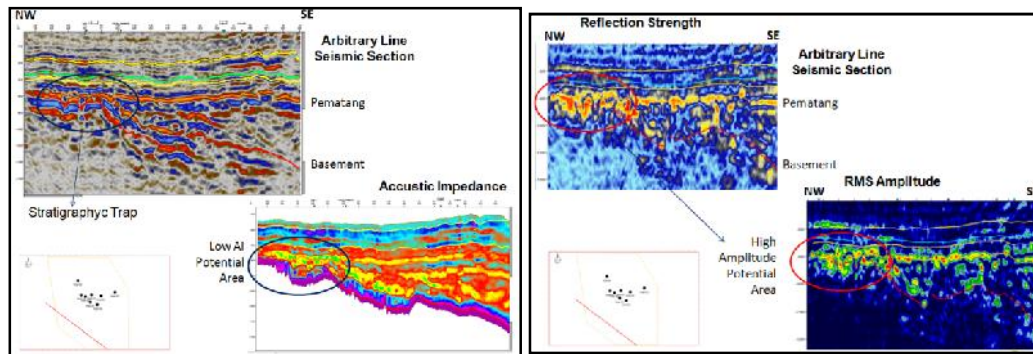


**Gambar 8.** Hasil inversi AI

Identifikasi keberadaan hidrokarbon tersebut selanjutnya diperkuat dengan hasil dari atribut *reflection strength* dan *RMS amplitudo*, atribut ini menggambarkan anomali amplitudo sehingga jika terjadi perubahan amplitudo akibat kehadiran hidrokarbon dapat tergambarkan pada atribut ini. Penyebaran reservoir yang ditunjukkan oleh inversi AI (warna hijau) ditunjukkan sebagai warna merah pada atribut ini, dimana warna merah merupakan amplitudo besar yang



diinterpretasikan sebagai anomali amplitudo akibat dari kehadiran hidrokarbon. Prediksi dari daerah yang mengandung hidrokarbon dari kombinasi atribut juga diperkuat oleh kondisi geologi daerah telitian dimana secara konsep reservoir daerah telitian berada pada sistem *onlapping* yang berfungsi sebagai stratigrafi trap (gambar 9).



**Gambar 9.** Slice Upside Potential

## VI. KESIMPULAN

Penelitian ini memberikan kesimpulan umum bahwa Formasi Pematang pada Lapangan Fengfu selain berfungsi sebagai *source rock* di beberapa tempat dapat berfungsi pula sebagai reservoir rock. Reservoir ini dikontrol oleh pola *onlapping* batuan Formasi Pematang pada Basement (Stratigraphic Trap).

## DAFTAR PUSTAKA

- Eubank, R.T. and Makki, A.C., 1981. *Structural Geology of the Central Sumatera Basin*. Proceeding IPA, 10th Annual Convention, p. 285-317
- Heidrick, T.L., and Aulia, K.A., 1993, *Structural and Tectonic Model of the Coastal Plains Block, Central Sumatera Basin Indonesia*. Proceeding IPA 22nd Annual Convention.
- Russel, B., Hampson, D., Schuelke, J., and Qurein, J., 2001. *Use of Multiattribute Transform to Predict Log Properties from Seismic Data*. Society of Exploration Geophysicists.
- Sukmono, S., 2000. *Seismic Attributes for Geophysical Engineering*, FIKTM, Institute Teknologi Bandung.



UNIVERSITI KEBANGSAAN MALAYSIA  
*The National University of Malaysia*

Institut Alam Sekitar dan Pembangunan

*Institute for Environment and Development*

UKM 1.24/244/2  
23 September 2013

Ardian Novianto & Eka Wisnu Irawan  
Department of Geophysics, UPN "Veteran" Yogyakarta

Dear Sir,

Your abstract paper **PEMETAAN DAERAH RESERVOIR FORMASI PEMATANG MENGGUNAKAN SEISMIC ATRIBUT LAPANGAN FENGFU CEKUNGAN SUMATRA TENGAH**

for the 6<sup>th</sup> Malaysia-Indonesia Geological Heritage Conference has been reviewed and accepted to be presented at the conference at 5-7<sup>th</sup> October 2013.

Please make necessary arrangement for conference registration and travel  
Look forward to welcome you to Kuantan, Pahang.

Yours sincerely,

Associate Prof. Dr. Kamal Roslan Mohamed  
**Chairman of 8<sup>th</sup> Malaysia Geological Heritage Conference &  
6<sup>th</sup> Malaysia-Indonesia Geological Heritage Conference**



## SIJIL PENGHARGAAN

Adalah diperakui bahawa

**ARDIAN NOVIANTO**

telah mengikuti dengan jayanya

**8<sup>th</sup> Malaysia Geoheritage Conference &  
6<sup>th</sup> Indonesia - Malaysia Joint Geoheritage Conference**

bertempat di

**Hotel MS Garden, Kuantan, Pahang, Malaysia**

bermula dari

**5 - 7 Oktober 2013**

**Prof. Madya Dr. Kamal Roslan  
Mohamed**

**Hj. Abd. Rahman Yusoff**

Pengerusi Bersama  
**8<sup>th</sup> Malaysia Geoheritage Conference &  
6<sup>th</sup> Indonesia - Malaysia Joint Heritage Conference**